

# 신뢰성 매뉴얼 개발 및 보급을 위한 수요조사

김명수\* · 오근태\*\* · 이동하\* · 차상원\*\* · 박창규\*

\* 수원대학교 산업정보공학과

\*\* 수원대학교 기계공학과

## An Investigation on the Demand for Development and Propagation of Reliability Manuals

Myung Soo Kim\* · Geun Tae Oh\*\* · Dhong Ha Lee\*

Sang Won Cha\*\* · Chang Gyu Park\*

\* Department of Industrial and Information Engineering, The University of Suwon

\*\* Department of Mechanical Engineering, The University of Suwon

Key Words : Reliability, Reliability Manuals, Reliability Propagation

### Abstract

This paper presents the investigation on the demand of domestic companies for reliability. For persons undertaking reliability tasks of 224 companies, the questionnaire study is made to investigate the importance and necessity of reliability, needs and priorities of reliability manuals, and the appropriate scheme to propagate them by internet and telephone. By analyzing the responses according to fields of industry, types of manufacturing, numbers of employees, and total sales, we obtained the useful informations for developing and propagating reliability manuals.

### 1. 서 론

신뢰성(Reliability)은 “주어진 조건에서 정해진 기간동안 제품의 최초 품질을 만족스럽게 유지하는 특성”으로, 소비자들이 제품을 사용하며 확인할 수 있는 미래 품질이다. WTO 출범과 FTA 등 세계 경제의 통합이 급속히 진전되면서 기업간 글로벌 경쟁이 가속화되고 있으며, 제품 신뢰성 확보가 경쟁력 제고를 위하여 시급한 과제가 되었다. 즉, 소비자의 품질 요구수준이 크게 증대되어 과거에는 인식하지 못하던 사소한 고장도 최근에는 A/S를 요구하고 있으며, 자동차의 경우 10년/10만 마일 수명보장이

기본 요구조건이 되고 있다. 또한, 소비자의 권리강화로 인해 PL 또는 리콜이 발생할 경우 막대한 피해 보상은 물론 기업의 브랜드 이미지 하락이 불가피한 실정이다. 그리고 신기술과 소재를 적용한 제품개발이 확대되면서 미래에 발생할 고장을 미리 예측하고, 예방할 수 있는 기술개발이 시급하며, 특히 제품개발 기간이 단축됨에 따라 빠른 시간 내에 신뢰성 평가를 통하여 소비자가 원하는 수명을 보증할 수 있는 기술이 기업 경쟁력의 핵심요소로 대두되고 있다.

우리나라의 산업은 조립산업 위주의 성장전략과 국산화 개발과정을 통하여 단기적 시장확대와 외형적 성장을 이룰 수 있었다. 그러나 신뢰성평가를 마친 설계도면과 기술을 그대로 도입함에 따라 수명 및 고장률, 고장 원인과 대책 등의 신뢰성정보와 기술을 확보하는 과정을 상실하여, 국산 제품 전반에 걸쳐 신뢰성이 문제가 되고 있다. 또한, 신뢰성 관련 인프라도 매우 취약한 실정이었다. 이에 따라, 정부는 국

† 교신저자 gtoh@suwon.ac.kr

※ 이 연구는 2003년도 산업기술기반조성사업 「신뢰성향상을 위한 표준화 기반구축 및 확산」 사업의 일환으로 신뢰성에 관한 산업체 수요조사를 위하여 수행되었음.

산 부품·소재의 신뢰성을 향상시키기 위해 2001년 '부품·소재 전문기업 등의 육성에 관한 특별 조치법'을 제정·공포하고, 신뢰성 평가 장비 구축 및 기준 개발 등 신뢰성 인프라 구축에 집중지원하고 있다.

한편, 신뢰성향상은 설계, 평가, 제조 등 제품 개발 및 제조 단계에 걸쳐서 체계적인 활동이 필요하다. 선진국에서는 1960년대 중반부터 신뢰성 표준(MIL, IEC, JEDEC, SAE 등)의 구축 및 보급을 통하여 기업의 신뢰성 활동을 지원하고 있고, 일본 과학기술연맹, 미국 RAC 등의 기관에서는 신뢰성 매뉴얼을 개발하여 보급하고 있다. 여기서 신뢰성 매뉴얼이란 현장에서 신뢰성 업무(설계, 평가, 제조)를 수행할 때 참조할 수 있는 업무 절차와 방법을 기술한 신뢰성시험, 환경시험, 데이터 분석 등 절차서 또는 지침서를 의미한다. 한편, 우리나라는 기업의 신뢰성 업무를 지원할 수 있는 표준, 매뉴얼 또는 지침서가 매우 부족한 실정이며, 이에 따라 정부에서는 신뢰성 인프라 구축과 병행하여 기업의 자체적 신뢰성향상 활동을 지원하기 위한 산업기술기반조성사업의 하나인 「신뢰성향상을 위한 표준화 기반구축 및 확산」 사업이 시작되었다.

본 연구는 「신뢰성향상을 위한 표준화 기반구축 및 확산」 사업의 효율적 수행을 위하여 전기·전자, 기

계, 자동차 등 기업을 대상으로 수행된 신뢰성 표준매뉴얼에 대한 수요조사 결과이다. 224개 기업을 대상으로 인터넷과 전화를 이용하여 설문조사를 실시하였으며, 응답 내용을 업종, 제조형태, 종업원 수, 매출액으로 분류하여 분석하여 신뢰성의 중요성과 필요성, 신뢰성 매뉴얼에 대한 니즈, 신뢰성 매뉴얼의 효과적 보급·확산방안에 대한 의견을 도출하였다.

2장에서는 설문조사를 위해 미리 정의한 신뢰성 매뉴얼의 종류와 내용을 설명하고, 3장에서는 조사대상기업의 특성을 살펴본다. 4장에서는 조사대상의 신뢰성 수준 및 중요성의 인식정도와 신뢰성 매뉴얼의 요구수준 및 필요성을 분석하였다. 5장에서는 업종, 제조형태 및 규모(매출액)에 따른 신뢰성 매뉴얼의 요구우선순위 및 보급방안의 분석 결과를 설명하였으며, 결론으로 국내 실정에 적합한 신뢰성 매뉴얼 개발 및 보급방안을 제안하였다.

## 2. 신뢰성 표준 매뉴얼의 종류와 내용

본 논문에서 구분한 신뢰성 표준 매뉴얼과 내용은 <표 1>과 같다. 이 구분은 신뢰성 프로그램을 구성하는 업무 프로세스와 기법(RAC, 1996)들을 제품개발 프로세스에 따라 재구성한 것이다.

<표 1> 신뢰성 표준 매뉴얼의 종류와 내용

구분	신뢰성 매뉴얼 종류	내 용 설 명
신뢰성 평가 표준 매뉴얼	신뢰성 평가 시스템	신뢰성 평가 프로세스와 관련 기법 등 신뢰성 평가 시스템에 대한 전체적인 로드맵(road map)을 제시하는 매뉴얼
	신뢰성시험	신뢰성시험과 관련된 기본 개념, 절차, 방법 등에 대한 내용을 제시하는 신뢰성시험 총론에 해당하는 매뉴얼
	가속수명시험설계	전자부품을 중심으로 가속수명시험에 대한 기본 개념과 설계절차, 방법 및 사례 등을 제공하는 매뉴얼
	내구시험설계	기계부품을 중심으로 가속 내구시험에 대한 절차와 방법을 제시하는 매뉴얼
	환경시험	환경시험 설계 절차, 환경시험 조건과 방법을 제시하는 매뉴얼
	고장률/수명보증시험	고장률/ 내구수명을 보증하기 위한 샘플링시험 절차와 방법을 제시하는 매뉴얼
	신뢰성 샘플링시험	신뢰성 샘플링 시험 중에 샘플 수와 시험시간을 최소화할 수 있는 축차시험에 대한 개념과 적용절차 및 방법 등을 제시하는 매뉴얼
	신뢰성시험 주기 지침	사용환경과 운용조건에 기초하여 신뢰성시험 프로파일을 설계 하는 방법과 사례를 제공하는 매뉴얼
	신뢰성성장시험 및 관리	신뢰성성장을 모니터링하고, 신뢰성성장관리를 위한 절차와 방법을 제시하는 매뉴얼
	성능열화자료에 의한 신뢰성인증	성능 열화에 의해 고장이 발생하는 금속/기계, 전기/전자, 화학, 섬유 소재나 부품에 대한 신뢰성 인증시험의 설계, 통계적 방법, 적용절차 및 사례를 제공하는 매뉴얼
	신뢰성시험 데이터 분석	신뢰성시험 데이터 분석 절차와 방법을 제시하는 매뉴얼
	가속수명시험 데이터 분석	가속수명시험 데이터 분석 절차와 방법을 제시하는 매뉴얼

<표 1> 신뢰성 표준 메뉴얼의 종류와 내용(계속)

구 분	신뢰성 메뉴얼 종류	내 용 설 명
신뢰성 평가 표준 메뉴얼	열화데이터분석	시간에 따라 열화되는 성능 데이터를 분석하는 방법을 제시하는 메뉴얼
	Field 데이터 수집 및 분석	시장 데이터의 수집, 분석 절차와 방법을 제시하는 메뉴얼
	FRACAS	고장보고, 분석 및 시정조치를 위한 절차와 방법을 제시하는 메뉴얼
	신뢰성예측	전자 및 기계 제품의 신뢰도 예측 절차와 방법을 제시하는 메뉴얼
	FMEA	고장모드와 영향을 분석하는 FMEA 실시절차와 방법 등을 제시하는 메뉴얼
	FTA	결함의 원인과 그들간의 인과관계를 논리적으로 추론하기 위한 분석 절차와 방법 등을 제시하는 메뉴얼
	열분석	전자부품을 중심으로 유한요소법 등을 이용한 이론적 열 해석과 광학적으로 미소 열변형을 측정하는 방법 등을 제시하는 메뉴얼
	고장분석	전자, 기계/금속, 고분자 재료 및 부품의 고장분석 절차 및 방법과 사례를 제시하는 메뉴얼로 전자부품 고장분석, 기계/금속 고장분석, 고분자 고장분석의 세부 메뉴얼로 구성됨.
	NDT(비파괴 시험)	재질이나 형상치수에 변화를 주지 않고, 기계/전자/금속 재료 및 부품의 성능 또는 결함의 유무를 시험/검사하는 방법과 사례를 제시하는 메뉴얼
	DT(파괴시험)	기계/전자/금속 재료 및 부품의 기계적 성질을 조사하기 위한 시험에 대한 시험장치, 절차, 사례 등을 제시하는 메뉴얼
신뢰성 설계 표준 메뉴얼	신뢰성설계시스템	신뢰성 설계 프로세스와 관련 기법 등 신뢰성 설계를 위한 전체적인 로드맵(road map)을 제시하는 메뉴얼
	신뢰성 목표설정 및 배분	제품의 신뢰성 목표를 설정하고 이를 하위 시스템으로 배분하는 방법을 제시하는 메뉴얼
	설계검토	신뢰성 측면에서 설계검토를 위한 절차와 방법 등을 제시하는 메뉴얼
	설계변경	설계변경 절차와 방법을 제시하는 메뉴얼
	부품관리	신뢰성 설계를 위해 제품의 수명주기동안 적정 비용을 유지할 수 있는 부품을 선정하고, 사용/환경조건에서 신뢰성을 보증하기 위한 부품적용 방법 등을 제시하는 메뉴얼
	디레이팅(Derating)	신뢰도 향상을 위해 최대 정격부하보다 낮게 최대 부하를 제한하는 디레이팅의 개념과 방법을 제시하는 메뉴얼
신뢰성 설계 표준 메뉴얼	열설계	열적 스트레스로 인한 부품의 파손을 방지하기 위해 전자/기계 부품 냉각의 중요성, 냉각기술의 응용사례, 열전달/열저항의 기본 및 응용 등 전자/기계부품의 열 설계 방법을 제시하는 메뉴얼
	피로설계	재료역학, 파괴역학의 피로이론과 열처리, 표면경화, 슛 피닝, 응력집중 완화 등의 방법을 이용하여 재료의 피로한도를 향상시키는 방법을 제시함으로써 전자/기계부품의 피로현상으로 인한 재료파손을 예방하기 위한 메뉴얼
	안전설계	인명손상 등 치명적 손실을 유발할 수 있는 고장발생을 파악하여 신뢰도를 강화하는 방안과 설계상 안전장치를 도입하여 안전성을 강화하는 방법을 제시하는 메뉴얼
	인간공학(설계오류 방지)	사용상 부주의, 실수, 조작오류 등 인간 신뢰도와 관련되어 제품 사용상의 신뢰도 저하를 예방하기 위한 방안을 제시하는 메뉴얼
	강건설계	잡음의 영향하에서 최적의 설계 파라미터 값을 결정하기 위한 실험계획 설계 및 데이터 분석방법을 제시하는 메뉴얼
제조 신뢰성 메뉴얼	EMC 설계	전자기계 환경에서 전자파 강해(EMD)와 전자파 감수성(EMS)에 영향을 받지 않고 전자파 양립성(EMC) 을 갖기 위한 설계방법을 제공하는 메뉴얼
	제조신뢰성 시스템	제조단계에서 수행되는 신뢰성 업무에 대한 전체적인 개념과 내용을 제시하는 메뉴얼
	번인/ESS	결함이 있는 제품을 선별하기 위한 번인, ESS 시험의 설계, 적용 절차 및 방법 등을 제시하는 메뉴얼
	외주 신뢰성관리	외주부품의 신뢰성관리 방법과 절차를 제시하는 메뉴얼
	신뢰성경영시스템 표준(안) RS9000	신뢰성경영시스템을 위한 요구사항과 각 요구사항에 대한 내용을 제시하는 메뉴얼

3. 조사 대상기업의 특성

설문지는 각 기업체에서 신뢰성 분야에 종사하는

담당자를 대상으로 2003년 11월부터 12월까지 1개월 동안 조사하였다. 조사 대상 기업체는 기업체 리스트를 이용한 무작위 표본추출(Random Sampling)

로 224개 기업을 선정하여 각 기업의 신뢰성 업무를 담당하는 사람들을 대상으로 ISAS (Internet Survey Automation System)를 이용한 온라인 조사와 전화조사를 병행하였으며 신뢰수준 95%에 허용오차는 ± 6.5%이다.

<표 2>는 조사 대상 기업의 업종별 비율을 나타내고 있다. 전기·전자 업종이 34.8%, 기계 업종은 20.5%, 자동차 업종은 25.9%, 금속소재 업종은 10.3%, 기타 8.5%로 구성되었다.

<표 3>에 주어진 종업원 수와 매출액에 따른 업종별 특성을 살펴보면, 종업원 수는 100명 미만인 기업이, 매출액은 100~500억 수준의 기업이 많으며, 종업원 수도 많고 매출액도 큰 기업은 전자 업종에 많이 분포 되어 있고, 자동차 업종이 그 다음

을 차지하는 것으로 나타났다.

<표 2> 조사 대상 기업의 업종

(단위 : 개, %)

업종	업체 수	백분율
전기	33	14.7
전자	45	20.1
기계	46	20.5
자동차	58	25.9
금속소재	23	10.3
기타	19	8.5
합계	224	100.0

<표 3> 조사 대상 업종별 종업원 수와 매출액 특성

(단위 : %)

업종	종업원 수			매출액		
	100명 미만	100~300명	300명 이상	100억원 미만	100~500억	500억원 이상
업체 수	81(36.2)	77(34.4)	66(29.5)	57(25.4)	89(39.7)	78(34.8)
전기	19.8	14.3	9.1	17.5	15.7	11.5
전자	17.3	9.1	36.4	19.3	9.0	33.3
기계	27.2	19.5	13.6	31.6	15.7	17.9
자동차	14.8	33.8	30.3	12.3	37.1	23.1
금속소재	12.3	15.6	1.5	12.3	13.5	5.1
기타	8.6	7.8	9.1	7.0	9.0	9.0
합계	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

## 4. 신뢰성 수준 및 신뢰성 표준 매뉴얼의 요구수준 분석

### 4.1 조사 대상기업의 신뢰성 수준

<표 4>와 <표 5>는 기업의 선진기업 대비 제품 신뢰성 수준과 그에 따른 신뢰성의 중요성에 대해 조사한 것이다. <표 4>에 나타난 것처럼 10명중 4명(41.5%)은 선진기업 또는 경쟁기업에 비해 자사의 신뢰성 수준이 높다고 보고 있고, 전기 업종이 54.5%로 가장 기술 경쟁력(신뢰성)이 높은 것으로 나타났다. 그러나 전자 업종은 22.2% 정도가 시장에서의 제품 신뢰성이 떨어진다고 인식하고 있다. 업종별로는 전기 부문이 신뢰성이 독보적으로 높다고 판단하고 있으며, 제조형태별로는 조립/완성 부문, 중

업원 수는 100~300명인 경우, 규모면에서는 매출액 500억 이상의 대규모 기업에서 자사의 신뢰성 수준 평가가 상대적으로 높게 나타나고 있다.

이러한 시장 환경에서 대부분의 업체들은 기업경쟁력으로서 제품의 신뢰성이 90.2%(전체)가 중요하다고 인식하고 있으며, 또한 업종 및 제조형태의 구분 없이 대부분 90% 이상 신뢰성을 중요하게 생각하고 있다. 그리고 종업원 수가 300명 이상이거나 매출액이 500억 이상인 큰 기업이 신뢰성의 중요성을 더 크게 인식하고 있다(<표 5>).

### 4.2 신뢰성 표준매뉴얼의 필요성

#### 4.2.1 신뢰성 향상 필요성

대부분의 기업체(92.4%)가 제품의 신뢰성 향상이

필요한 것으로 인식하고 있고, 업종별로는 금속소재 부문, 제조형태별로는 부품생산+조립/완성 부문, 규모면에서는 매출액 500억 이상의 규모가 큰 기업에서 신뢰성 향상의 필요성을 높게 인식하고 있다(그림 1>).

<표 4> 선진기업 대비 제품의 신뢰성 수준

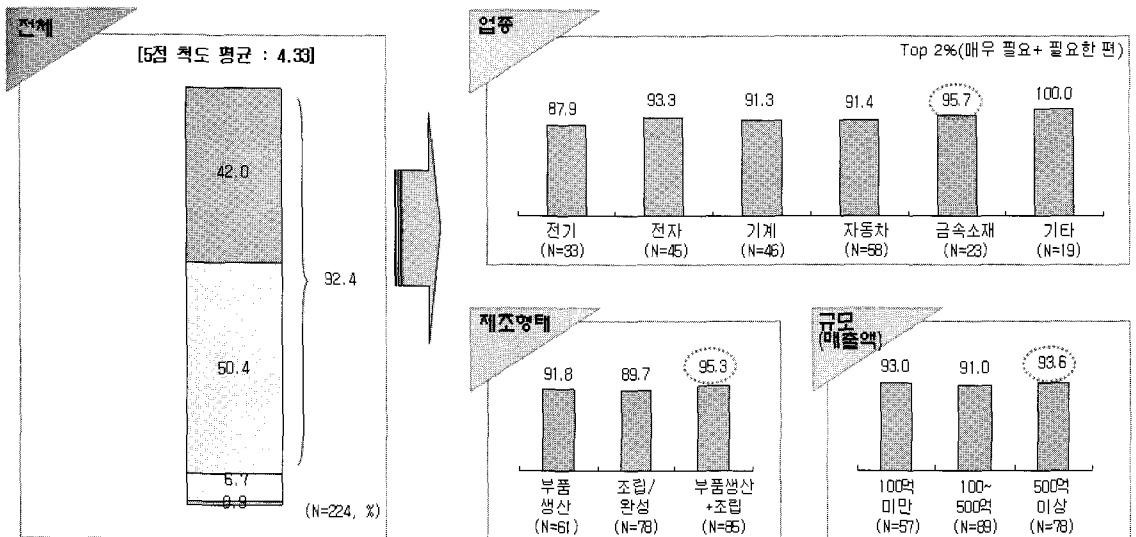
(단위 : %)

항 목	전체	업 종						제 조 형 태			종 업 원 수			매 출 액		
		전기	전자	기계	자동차	금속 소재	기타	부품 생산	조립/ 완성	부품 생산과 조립/ 완성	100명 미만	100~300명	300명 이상	100억 원 미만	100~500억	500억 이상
신뢰성이 크게 떨어진다.	1.3	3.0			3.4			1.6	2.6		2.5		1.5	1.8	2.2	
신뢰성이 떨어지는 편이다.	14.3	3.0	22.2	19.6	12.1	4.3	21.1	14.8	12.8	15.3	18.5	9.1	15.2	17.5	14.6	11.5
비슷한 수준이다.	42.9	39.4	35.6	39.1	56.9	56.5	15.8	41.0	41.0	45.9	37.0	46.8	45.5	40.4	44.9	42.3
신뢰성이 높은 편이다.	36.6	54.5	33.3	37.0	24.1	34.8	52.6	36.1	37.2	36.5	39.5	37.7	31.8	40.4	32.6	38.5
신뢰성이 매우 높다.	4.9		8.9	4.3	3.4	4.3	10.5	6.6	6.4	2.4	2.5	6.5	6.1		5.6	7.7
합 계	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

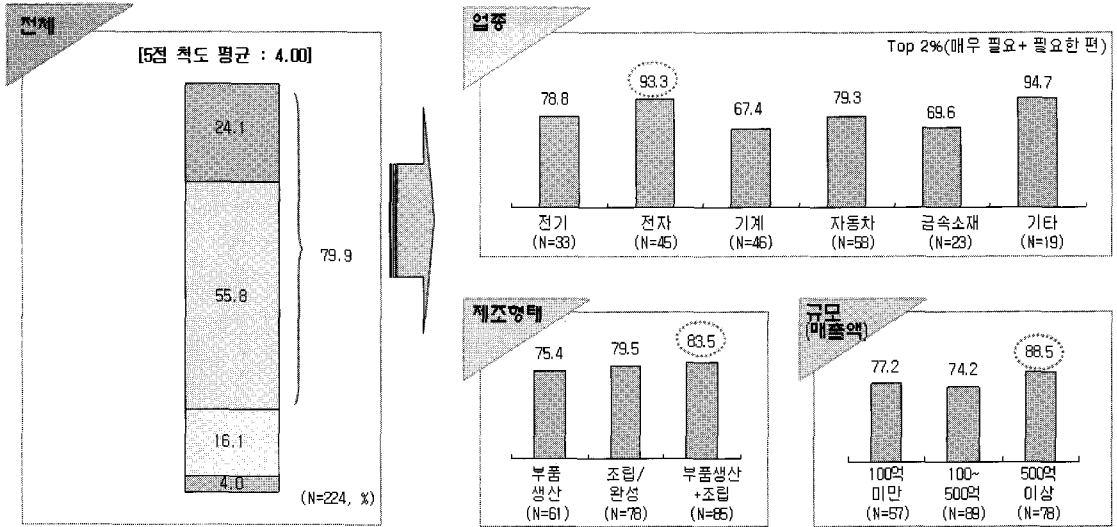
<표 5> 신뢰성의 중요성 인식정도

(단위 : %)

항 목	전체	업 종						제 조 형 태			종 업 원 수			매 출 액		
		전기	전자	기계	자동차	금속 소재	기타	부품 생산	조립/ 완성	부품 생산과 조립/ 완성	100명 미만	100~300명	300명 이상	100억원 미만	100~500억	500억원 이상
중요하지 않은 편이다.	0.9			2.2		4.3				2.4		2.6			1.1	1.3
보통이다.	8.9	3.0	2.2	13.0	17.2	4.3	5.3	14.8	5.1	8.2	12.3	13.0		14.0	13.5	
중요한 편이다.	35.3	42.4	15.6	41.3	36.2	43.5	42.1	37.7	39.7	29.4	43.2	39.0	21.2	43.9	37.1	26.9
매우 중요하다.	54.9	54.5	82.2	43.5	46.6	47.8	52.6	47.5	55.1	60.0	44.4	45.5	78.8	42.1	48.3	71.8
합 계	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



<그림 1> 신뢰성 향상 필요성



<그림 2> 신뢰성 업무 관련 표준매뉴얼의 필요성

4.2.2 신뢰성 표준매뉴얼의 필요성

10명 중 8명 정도(79.9%)가 표준매뉴얼이 필요하다고 인식하고 있어 기업체의 신뢰성 표준매뉴얼에 대한 수요가 큰 것으로 판단되며, 업종별로는 전자 부문, 제조형태별로는 부품생산+조립/완성 부문, 규모 면에서는 매출액 500억 이상의 대규모 기업에서 표준매뉴얼의 필요성을 높게 인식하고 있음을 알 수 있다(<그림 2>).

신뢰성 표준매뉴얼이 필요한 주된 이유로 '문서화된 규격과 기준에 의한 지침서 필요', '업무수행의 효율성 및 체계성 제고'를 들고 있으며, 10명 중 8명(80.4%)이 표준매뉴얼은 업무에 도움을 줄 것이라고 생각하고 있다(<표 6>).

<표 6> 업무분야별 신뢰성 표준매뉴얼의 필요한 이유

신뢰성 표준매뉴얼의 필요 근거 항목	백분율(%)
• 문서화된 규격과 기준에 의한 지침서 필요	26.3
• 업무수행의 효율성 및 체계성 제고	14.0
• 소비자에 대한 제품의 신뢰성을 높이고 고객 응대에 도움을 줌	8.9
• 신뢰성 매뉴얼을 통하여 품질이 보증 됨	3.9
• 거래 기업 및 국제규격에서 요구	3.4
• 기업의 경쟁력 향상에 도움이 됨	3.4
• 국내, 국제 규격의 도입 및 활용	2.8
• 신뢰성이 제품에 미치는 영향이 큼	2.8

5. 신뢰성 표준매뉴얼 수요 및 보급방안 조사 분석

신뢰성 표준매뉴얼의 실수요자인 기업에게 <표 1>에 구분되어 있는 신뢰성 평가 표준매뉴얼, 신뢰성 설계 표준매뉴얼, 제조 신뢰성 표준매뉴얼의 각 단계에 포함된 세부 매뉴얼들이 현재 수행하고 있는 업무와 관련성이 있고, 또한 매뉴얼이 필요한 지에 대해 응답을 받았다.

5.1 단계별 신뢰성 표준매뉴얼 조사 분석

5.1.1 신뢰성 평가 표준매뉴얼

<표 7>은 신뢰성 평가 표준매뉴얼에 대한 요구수준을 나타낸다. 전체적으로 열분석(37.5%)과 가속수명시험설계(49.1%)를 제외하고 모든 매뉴얼들이 신뢰성 고유 업무와 50%이상 관련이 있으며, 열분석을 비롯한 5개 분야 외에는 모두 50%이상 신뢰성 평가 표준매뉴얼이 필요하다고 응답하였다. 신뢰성 관련 업무를 수행하고 있는 업체들은 62%이상 표준매뉴얼이 필요하다고 응답했다. 따라서 <표 1>에 분류된 신뢰성 표준매뉴얼이 국내 기업의 신뢰성 업무활동과 연관이 있으며, 이러한 신뢰성 표준매뉴얼의 개발이 필요하다 할 수 있다.

전자 업종은 신뢰성 평가 표준매뉴얼의 거의 모든 세부 매뉴얼에 대해 필요성을 강하게 느끼고 있

<표 7> 신뢰성 평가 표준매뉴얼 요구수준

(단위 : %)

신뢰성평가 표준매뉴얼	전 체		관련 업체		업 종						제 조 형 태			규 모		
	업무 관련 있음	매뉴얼 필요함	업무 수행 잘됨	매뉴얼 필요함	전기	전자	기계	자 동 차	금속소 재	기타	부품 생산	조립/ 완성	부품 생산+ 조 립/완성	100억 미만	100~ 500억	500억 이상
신뢰성평가 시스템	73.2	65.2	48.8	71.3	63.6	75.6	63.0	58.6	56.5	78.9	57.4	66.7	69.4	57.9	61.8	74.4
신뢰성시험	83.5	68.8	50.3	70.6	66.7	80.0	56.5	70.7	60.9	78.9	68.9	64.1	72.9	52.6	71.9	76.9
가속수명시험설계	49.1	41.1	46.4	65.5	39.4	64.4	39.1	32.8	17.4	47.4	37.7	34.6	49.4	26.3	39.3	53.8
내구시험설계	65.6	56.3	46.3	74.1	45.5	60.0	56.5	63.8	47.8	52.6	52.5	43.6	70.6	40.4	51.7	73.1
환경시험	65.6	56.3	58.5	76.9	57.6	75.6	54.3	50.0	17.4	78.9	50.8	55.1	61.2	38.6	52.8	73.1
고장률/수명보증시험	70.5	60.3	44.3	73.4	63.6	66.7	47.8	62.1	56.5	68.4	62.3	50.0	68.2	47.4	59.6	70.5
신뢰성 샘플링시험	75.0	55.8	51.8	67.9	45.5	66.7	45.7	63.8	39.1	68.4	55.7	44.9	65.9	36.8	60.7	64.1
신뢰성시험 주기 지침	66.1	50.0	40.5	62.8	48.5	60.0	43.5	55.2	21.7	63.2	49.2	41.0	58.8	31.6	51.7	61.5
신뢰성성장시험 및 관리	59.8	50.0	35.8	67.9	51.5	57.8	45.7	46.6	39.1	63.2	44.3	46.2	57.6	31.6	53.9	59.0
성능열화자료에 의한 신뢰성인증	62.9	55.4	39.0	72.3	63.6	57.8	52.2	48.3	43.5	78.9	49.2	51.3	63.5	38.6	55.1	67.9
신뢰성시험 데이터 분석	78.1	66.5	47.4	69.1	66.7	77.8	56.5	67.2	52.2	78.9	59.0	64.1	74.1	56.1	60.7	80.8
가속수명시험 데이터 분석	51.8	43.8	36.2	68.1	51.5	57.8	41.3	37.9	13.0	57.9	32.8	41.0	54.1	28.1	37.1	62.8
열화데이터분석	53.6	42.9	34.2	70.0	57.6	53.3	34.8	39.7	4.3	68.4	34.4	44.9	47.1	28.1	39.3	57.7
Field데이터 수집 및 분석	65.6	56.3	37.4	74.1	51.5	64.4	50.0	58.6	34.8	78.9	45.9	55.1	64.7	43.9	51.7	70.5
FRACAS	68.8	52.2	39.0	64.9	57.6	60.0	52.2	43.1	34.8	73.7	41.0	56.4	56.5	38.6	49.4	65.4
신뢰성예측	58.9	51.3	35.6	72.0	57.6	66.7	47.8	44.8	21.7	68.4	36.1	53.8	60.0	29.8	50.6	67.9
FMEA	70.5	52.2	39.9	67.1	42.4	57.8	45.7	69.0	26.1	52.6	49.2	51.3	55.3	40.4	49.4	64.1
FTA	62.5	50.9	34.3	68.6	33.3	51.1	50.0	56.9	47.8	68.4	45.9	43.6	61.2	43.9	52.8	53.8
열분석	37.5	31.3	40.5	66.7	27.3	40.0	32.6	29.3	8.7	47.4	23.0	32.1	36.5	21.1	28.1	42.3
고장분석	66.1	50.0	37.2	62.8	57.6	53.3	47.8	44.8	43.5	57.9	44.3	46.2	57.6	36.8	47.2	62.8
NDT(비파괴 시험)	60.3	43.8	51.1	62.2	36.4	46.7	63.0	37.9	30.4	36.8	31.1	46.2	50.6	31.6	40.4	56.4
DT(파괴시험)	67.0	50.9	52.7	66.7	45.5	57.8	52.2	50.0	52.2	42.1	47.5	47.4	56.5	40.4	53.9	55.1
평 균	64.2	52.3	43.1	68.9	51.4	61.4	49.0	51.4	35.0	64.1	46.3	49.1	59.6	38.2	50.9	64.3

으며, 다음으로 전기, 자동차 업종순으로 나타났다. 제조형태에서는 부품생산+조립/완성기술을 보유하고 있는 기업이 많이 필요로 하고 있지만 실제로는 부품생산기술 및 조립/완성기술을 가지고 있는 기업들도 대부분의 매뉴얼이 필요하다고 응답한 곳이 40%가 넘었다. 그리고, 규모가 500억 이상인 기업은 물론 대부분의 표준매뉴얼이 필요하다고 하였지만, 100억에서 500억의 매출액을 유지하는 기업들도 많은 수가 신뢰성평가 표준 매뉴얼이 필요하다고 응답하였다.

5.1.2 신뢰성 설계 표준매뉴얼

<표 8>은 신뢰성 설계 표준매뉴얼의 요구수준을 조사한 표이다. 신뢰성 설계 표준매뉴얼 중 신뢰성 설계 시스템매뉴얼의 경우 신뢰성 업무를 수행하고

있는 관련업체의 평가에서 업무수행이 잘되고 있는 업체가 34.3%밖에 되지 않으면서 매뉴얼의 도입은 67.1%가 필요하다고 하는 등 관련업체 전체로는 평균 66%가 매뉴얼의 도입이 필요함을 밝히고 있다. 업종별로는 전자 업종이, 제조형태에서는 부품생산+조립/완성기술을 보유하고 있는 기업이 신뢰성 설계 표준매뉴얼이 필요하다는 응답을 가장 많이 하였다. 그리고 규모에 따른 매뉴얼의 필요성도 표준매뉴얼의 종류에 따라 다르게 분포하고 있지만, 500억 이상의 매출액을 유지하는 기업이 가장 필요로 하고 있으며, 100억에서 500억의 매출액을 유지하는 기업들도 설계변경, 부품관리, 안정설계 분야의 신뢰성 설계 표준 매뉴얼이 필요하다고 60% 이상 응답하였다.

신뢰성 평가 표준매뉴얼처럼 가장 필요한 업종으

로는 거의 모든 세부 매뉴얼에서 전자업종이 두드러지며, 제조형태에서는 부품생산+조립/완성기술을 보유하고 있는 기업이 우세하지만 조립/완성기술을 가지고 있는 기업들도 몇 가지 신뢰성 설계 표준매뉴얼에서 수위를 차지하였고, 규모면에서는 500억 이상의 업체는 모든 표준매뉴얼에 대한 요구빈도가 가장 많았다. 그 이유는 신뢰성 기술이 설계 단계부터 적용되는 것으로 인식하고 있으며, 또한 고객 만족을 위한 기업경영이라는 경제적 변화를 반영하고 있다고 볼 수 있을 것이다.

나타낸 것이다. 신뢰성 업무를 수행하고 있는 관련 업체들은 평균 66%가 필요하다고 느끼고 있으며, 제조 신뢰성 표준매뉴얼이 가장 필요한 업종으로는 전기, 전자 업종이고, 제조형태에서는 부품생산+조립/완성기술을 보유하고 있는 기업이 제조 신뢰성 표준매뉴얼의 필요하다고 응답하였다. 그리고 규모에 따른 신뢰성평가 표준매뉴얼의 필요성도 표준매뉴얼의 종류에 따라 다르게 분포하고 있지만, 매출이 500억 이상인 기업은 60%가 넘게 표준매뉴얼이 필요하며 100억에서 500억의 매출액을 유지하는 기업들도 표준매뉴얼이 필요하다는 기업이 45% 이상이었다.

5.1.3 제조 신뢰성 표준매뉴얼

<표 9>는 제조 신뢰성 표준매뉴얼의 요구수준을

다른 신뢰성 표준매뉴얼처럼 전자 업종이 가장

<표 8> 신뢰성 설계 표준매뉴얼 요구수준

(단위 : %)

신뢰성설계 표준매뉴얼	전 체		관 련 업 체		업 종						제 조 형 태			규 모		
	업무 관련 있음	매뉴얼 필요함	업무 수행 잘됨	매뉴얼 필요함	전기	전자	기계	자동차	금속 소재	기타	부품 생산	조립 / 완성	부품 생산+ 조립/완성	100억 미만	100~500억	500억 이상
신뢰성설계시스템	62.5	53.1	34.3	67.1	60.6	66.7	52.2	46.6	34.8	52.6	42.6	53.8	60.0	36.8	49.4	69.2
신뢰성 목표설정 및 배분	58.9	48.2	34.8	62.1	57.6	60.0	47.8	43.1	30.4	42.1	44.3	52.6	47.1	36.8	48.3	56.4
설계검토	74.1	62.5	53.6	71.7	60.6	75.6	65.2	62.1	47.8	47.4	45.9	65.4	71.8	43.9	59.6	79.5
설계변경	77.2	56.7	61.3	65.9	60.6	64.4	56.5	62.1	34.8	42.1	45.9	56.4	64.7	42.1	60.7	62.8
부품관리	76.3	58.5	53.2	62.6	60.6	68.9	50.0	60.3	52.2	52.6	50.8	55.1	67.1	43.9	60.7	66.7
다레이팅(Derating)	42.0	36.2	41.5	60.6	33.3	53.3	39.1	24.1	30.4	36.8	29.5	39.7	37.6	29.8	31.5	46.2
열설계	39.3	32.6	42.0	62.5	33.3	53.3	30.4	24.1	8.7	42.1	21.3	33.3	40.0	28.1	20.2	50.0
피로설계	49.6	42.4	37.8	67.6	39.4	46.7	37.0	43.1	39.1	52.6	32.8	41.0	50.6	31.6	37.1	56.4
안전설계	64.3	60.5	53.5	73.6	71.0	70.0	60.0	48.1	54.5	66.7	45.3	61.4	69.5	48.9	60.7	67.6
인간공학 (설계요류 방지)	49.6	42.9	36.9	67.6	42.4	51.1	47.8	34.5	34.8	47.4	32.8	47.4	45.9	38.6	41.6	47.4
강건설계	39.3	32.1	38.6	61.4	27.3	42.2	39.1	29.3	8.7	36.8	21.3	32.1	40.0	24.6	25.8	44.9
EMC 설계	35.3	31.3	53.2	69.6	42.4	60.0	32.6	13.8	4.3	23.3	18.0	39.7	32.9	26.3	23.6	43.6
평 균	55.7	46.4	45.1	66.0	49.1	59.4	46.5	40.9	31.7	45.2	35.9	48.2	52.3	36.0	43.3	57.6

<표 9> 제조 신뢰성 표준매뉴얼 요구수준

(단위 : %)

제조신뢰성 표준매뉴얼	전 체		관 련 업 체		업 종						제 조 형 태			규 모		
	업무 관련 있음	매뉴얼 필요함	업무 수행 잘됨	매뉴얼 필요함	전기	전자	기계	자동차	금속 소재	기타	부품 생산	조립 / 완성	부품 생산+ 조립/완성	100억 미만	100~500억	500억 이상
제조신뢰성 시스템	71.0	58.0	37.7	69.2	63.6	64.4	65.2	44.8	47.8	68.4	47.5	55.1	68.2	49.1	55.1	67.9
번인/ESS	46.0	38.4	39.8	67.0	45.5	46.7	41.3	31.0	26.1	36.8	27.9	37.2	47.1	33.3	30.3	51.3
외주 신뢰성관리	69.6	54.5	39.1	67.3	63.6	57.8	60.9	46.6	34.8	63.2	44.3	56.4	60.0	42.1	55.1	62.8
신뢰성경영시스템	56.7	50.0	33.1	60.6	54.5	57.8	50.0	41.4	39.1	63.2	39.3	57.7	50.6	38.6	44.9	64.1
평 균	60.8	50.2	37.4	66.0	56.8	56.7	54.4	41.0	37.0	57.9	39.8	51.6	56.5	40.8	46.4	61.5



필요성을 느끼고 있는 매뉴얼이 많지만, 전기와 기계 업종도 각각 외주 신뢰성관리 매뉴얼과 제조 신뢰성 시스템 매뉴얼의 필요성을 강조하고 있다. 제조형태에서는 부품생산+조립/완성기술을 보유하고 있는 기업이, 규모면에서는 500억 이상의 업체는 모든 표준매뉴얼에 대한 요구빈도가 가장 많았다.

## 5.2 업종, 제조형태 및 규모별 신뢰성 표준매뉴얼 우선순위

### 5.2.1 전체 신뢰성 표준매뉴얼 우선순위

전체 신뢰성 표준매뉴얼에 대한 우선순위를 분석한 결과가 <그림 3>에 있다. 신뢰성 시험, 신뢰성 시험 데이터분석, 신뢰성 평가시스템, 고장률/수명보증시험 매뉴얼 순으로 우선순위가 있는 것으로 나타났다. 따라서 조사 대상 기업체 전체적으로는 부품 및 제품을 대상으로 어느 정도의 신뢰성이 있는지에 대한 검정업무와 대상에 맞는 시험기준을 마련하는 것이 가장 시급한 것으로 파악된다.

### 5.2.2 업종별 신뢰성 표준매뉴얼 우선순위

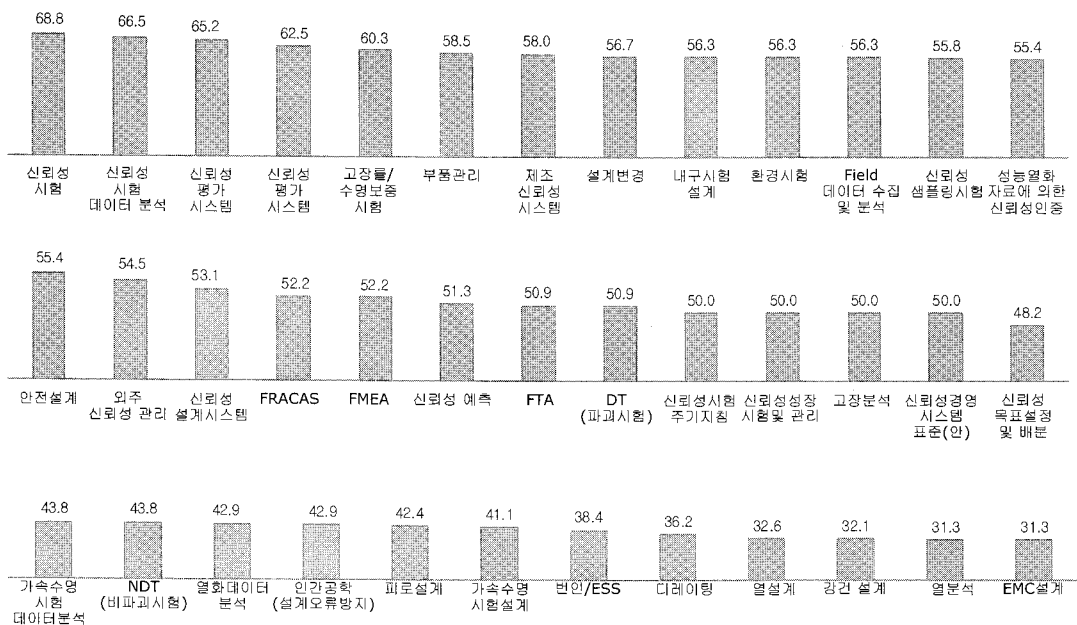
신뢰성 표준매뉴얼의 우선순위 상위 10가지를 정리하여 각 업종별로 살펴본 결과가 <표 10>과 <표 11>에 주어져 있다. 전기 업종에서는 신뢰성 평가

표준매뉴얼의 범주에 속하는 신뢰성 시험 매뉴얼과 신뢰성 시험 데이터 분석 매뉴얼이, 신뢰성 설계 표준매뉴얼에 속하는 안전설계 매뉴얼이 가장 필요한 것으로 나타났다.

전자 업종에서는 신뢰성 시험 매뉴얼, 신뢰성 시험 데이터 분석 매뉴얼, 신뢰성 평가 시스템 매뉴얼, 환경시험 매뉴얼 등 신뢰성 평가 표준매뉴얼과 신뢰성 설계 표준매뉴얼에 속하는 설계검토 매뉴얼이 우선적으로 필요한 것으로 나타났다. 특히 다른 업종보다도 요구수준이 매우 높아 신뢰성 표준매뉴얼에 대한 필요성이 절실한 분야임을 알 수 있다.

기계 업종에서는 전기, 전자 업종에 비해서 신뢰성 표준매뉴얼의 요구수준이 상대적으로 낮으며 다른 매뉴얼을 요구하는 것으로 나타났다. 신뢰성 설계 표준매뉴얼에 속하는 설계검토 매뉴얼과 제조 신뢰성 표준매뉴얼로 분류되는 제조 신뢰성 시스템 매뉴얼이 우선이며, NDT, 외주신뢰성, 내구시험설계처럼 전기, 전자와는 다른 매뉴얼들을 필요로 하는 것으로 보인다.

자동차 업종에서는 QS 9000 경영시스템의 인증을 통한 기본적인 신뢰성 업무 매뉴얼을 갖고 있기 때문에 제품 신뢰성 시험과 개발·설계단계에서 사전에 고장을 예방할 수 있는 신뢰성 표준매뉴얼이 필요하다고 볼 수 있다.



<그림 3> 신뢰성 표준매뉴얼의 전체 우선순위

<표 10> 전기, 전자 및 기계업종의 신뢰성 표준매뉴얼 우선순위

<전기 업종>

순위	표준매뉴얼	요구수준(%)
1	신뢰성시험	66.7
1	신뢰성시험데이터분석	66.7
1	안전설계	66.7
4	신뢰성평가시스템	63.6
4	고장률/수명보증시험	63.6
4	성능열화 신뢰성인증	63.6
4	제조신뢰성시스템	63.6
4	외주신뢰성관리	63.6
9	신뢰성설계시스템	60.6
9	설계검토	60.6

<전자 업종>

순위	표준매뉴얼	요구수준(%)
1	신뢰성시험	80.0
2	신뢰성시험데이터분석	77.8
3	신뢰성평가시스템	75.6
3	환경시험	75.6
3	설계검토	75.6
6	부품관리	68.9
7	고장률/수명보증시험	66.7
7	신뢰성샘플링시험	66.7
7	신뢰성예측	66.7
7	신뢰성설계시스템	66.7

<기계 업종>

순위	표준매뉴얼	요구수준(%)
1	설계검토	65.2
1	제조신뢰성시스템	65.2
3	신뢰성평가시스템	63.0
3	NDT(비파괴시험)	63.0
5	외주신뢰성관리	60.9
6	안전설계	58.7
7	신뢰성시험	56.5
7	내구시험설계	56.5
7	신뢰성시험데이터분석	56.5
7	설계변경	56.5

<표 11> 자동차 및 금속소재 업종의 신뢰성 표준매뉴얼 우선순위

<자동차 업종>

순위	표준매뉴얼	요구수준(%)
1	신뢰성시험	70.7
2	FMEA	69.0
3	신뢰성시험데이터분석	67.2
4	내구시험설계	63.8
4	신뢰성샘플링시험	63.8
6	고장률/수명보증시험	62.1
6	설계검토	62.1
6	설계변경	62.1
9	부품관리	60.3
10	신뢰성평가시스템	58.6

<금속소재 업종>

순위	표준매뉴얼	요구수준(%)
1	신뢰성시험	60.9
2	신뢰성평가시스템	56.5
2	고장률/수명보증시험	56.5
4	신뢰성시험데이터분석	52.2
4	DT(파괴시험)	52.2
4	부품관리	52.2
4	안전설계	52.2
8	내구시험설계	47.8
8	FTA	47.8
8	설계검토	47.8

금속소재 업종에서는 다른 업종에 비해 신뢰성 표준매뉴얼의 요구수준이 가장 낮은 업종이다. 이는 제품의 신뢰성 향상이 소재부분에 있기 때문에 원천적인 기술개발이 필요할 것이다. 따라서 신뢰성 시험과 평가, 고장률/수명보증시험이 가장 필요한 신뢰성 표준매뉴얼로 나타났다.

5.2.3 제조형태별 신뢰성 표준매뉴얼 우선순위

<표 12>에 주어진 것 같이 부품생산 제조형태에서는 고유기술보다는 제조한 상태의 제품 평가를 중요시하기 때문에 시험에 관련한 신뢰성 평가 표준매뉴얼의 요구수준이 가장 높은 것으로 나타났다.

<표 12> 제조형태에 따른 신뢰성 표준매뉴얼 우선 순위

<부품생산>

순위	표준매뉴얼	요구수준(%)
1	신뢰성시험	68.9
2	고장률/수명보증시험	62.3
3	신뢰성시험데이터분석	59.0
4	신뢰성평가시스템	57.4
5	신뢰성샘플링시험	55.7
6	내구시험설계	52.5
7	환경시험	50.8
7	부품관리	50.8
9	신뢰성시험주기지침	49.2
9	성능열화 신뢰성인증	49.2

<조립/완성>

순위	표준매뉴얼	요구수준(%)
1	신뢰성평가시스템	66.7
2	설계검토	65.4
3	신뢰성시험	64.1
3	신뢰성시험데이터분석	64.1
5	신뢰성경영시스템 표준(안) RS9000	57.7
6	FRACAS	56.4
6	설계변경	56.4
6	외주신뢰성관리	56.4
9	환경시험	55.1
9	Field 데이터수집및분석	55.1

<부품생산+ 조립/완성>

순위	표준매뉴얼	요구수준(%)
1	신뢰성시험데이터분석	74.1
2	신뢰성시험	72.9
3	설계검토	71.8
4	내구시험설계	70.6
5	신뢰성평가시스템	69.4
6	고장률/수명보증시험	68.2
6	제조신뢰성시스템	68.2
8	부품관리	67.1
8	안전설계	67.1
10	신뢰성샘플링시험	65.9

<표 13> 규모에 따른 신뢰성 표준매뉴얼 우선순위 <100억 미만>

순위	표준매뉴얼	요구수준(%)
1	신뢰성평가시스템	57.9
2	신뢰성시험데이터분석	56.1
3	신뢰성시험	52.6
4	제조신뢰성시스템	49.1
5	고장률/수명보증시험	47.4
6	Field데이터수집및분석	43.9
6	FTA	43.9
6	설계검토	43.9
6	부품관리	43.9
10	설계변경	42.1

<100~500억>

순위	표준매뉴얼	요구수준(%)
1	신뢰성시험	71.9
2	신뢰성평가시스템	61.8
3	신뢰성샘플링시험	60.7
3	신뢰성시험데이터분석	60.7
3	설계변경	60.7
3	부품관리	60.7
7	고장률/수명보증시험	59.6
7	설계검토	59.6
9	안전설계	57.3
10	성능열화 신뢰성인증	55.1

<500억 이상>

순위	표준매뉴얼	요구수준(%)
1	신뢰성시험데이터분석	80.8
2	설계검토	79.5
3	신뢰성시험	76.9
4	신뢰성평가시스템	74.4
5	내구시험설계	73.1
5	환경시험	73.1
7	고장률/수명보증시험	70.5
7	Field데이터수집및분석	70.5
9	신뢰성설계시스템	69.2
10	성능열화 신뢰성인증	67.9

조립/완성 제조형태에서는 신뢰성 평가 표준매뉴얼과 신뢰성 경영시스템을 통한 기업관리측면을 중

요시하는 신뢰성 표준매뉴얼을 요구수준하고 있으며, 부품생산+조립/완성 제조형태에서는 신뢰성 평가와 외주관리를 우선시하는 신뢰성 표준매뉴얼의 요구수준이 높은 것으로 보인다.

### 5.2.4 규모별 신뢰성 표준매뉴얼 우선순위

<표 13>에 주어진 것처럼 규모별 신뢰성 표준매뉴얼에 대한 우선순위는 신뢰성 시험, 설계관리를 통한 제품의 평가 및 보증에 중점을 두는 신뢰성 표준매뉴얼의 요구수준이 높은 것으로 나타났다.

## 5.3 신뢰성 표준매뉴얼 보급방안

### 5.3.1 신뢰성 표준매뉴얼의 보급방안에 대한 호감도

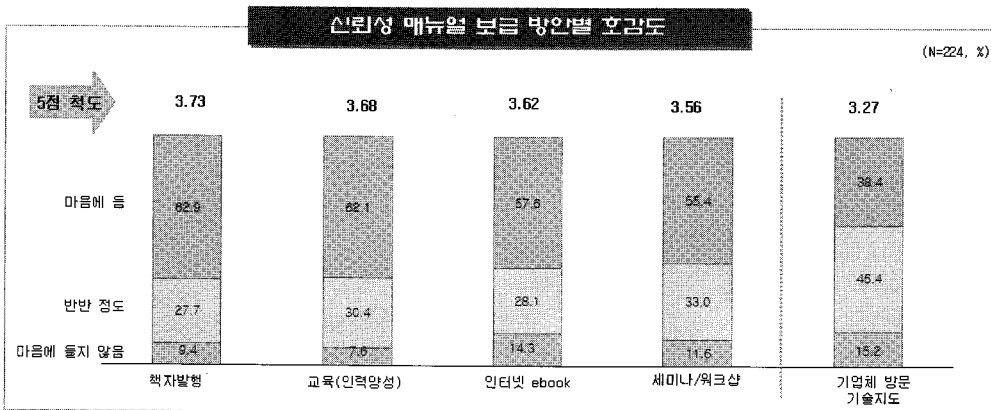
<그림 4>는 신뢰성 표준매뉴얼의 보급방안에 대

한 기업의 호감도를 표현한 것이다. 신뢰성 업무 담당 응답자들은 신뢰성 표준매뉴얼의 보급방안으로 책자발행, 교육, 인터넷 ebook 및 세미나/워크샵 등의 방법에 대해서는 과반수 이상이 호감을 갖고 있지만, 기업체 방문 기술지도에 대해서는 10명 중 4명 정도만 호감을 나타내고 있다.

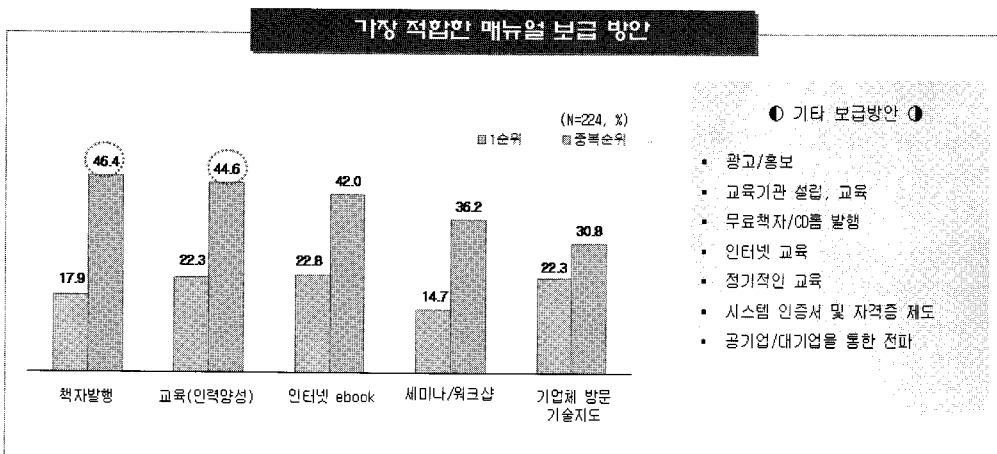
즉, 개별적인 정보 수집으로 문제해결을 수행하려는 것은 전문적인 기술 습득, 기업의 핵심정보 유출방지, 그리고 비용을 줄이기 위한 것으로 분석된다.

### 5.3.2 신뢰성 표준매뉴얼 적합한 보급방안

호감도 분석에 나타난 것처럼 신뢰성 표준매뉴얼 적합한 보급방안으로는 <그림 5>의 그래프처럼 책자발행을 통하여 표준매뉴얼을 보급하는 것이 가장 적합하다고 생각하고 있으며, 그 다음으로 교육(인력양성), 인터넷 ebook의 방법을 들고 있다.



<그림 4> 신뢰성 표준매뉴얼의 보급방안에 대한 호감도



<그림 5> 신뢰성 표준매뉴얼 적합 보급 방안

## 6. 결 론

본 조사에 의하면 대부분의 기업체에서 신뢰성 업무의 효율성을 높이기 위해서는 업무 수행에 필요한 절차와 방법을 일목요연하게 정리한 신뢰성 표준 매뉴얼을 필요로 하며, 특히 개발-설계에서부터 제조 단계까지 제품을 생산하는 기업체나 500억 이상과 부품생산+조립/완성 제조형태의 기업 등 규모가 큰 업체가 상대적으로 신뢰성 표준매뉴얼의 요구수준이 크게 나타났다. 이는 제조물 책임법 실시와 같은 사회적 환경변화에 따라 대량 고객을 상대하는 규모가 큰 기업일수록 품질 경쟁력의 기본인 제품 신뢰성을 향상시키기 위해 신뢰성 향상을 위한 신뢰성 표준매뉴얼이 필요하다고 인식하고 있는 것으로 보인다. 또한 신뢰성 표준매뉴얼 중 신뢰성 평가 매뉴얼, 신뢰성 설계 매뉴얼 그리고 제조 신뢰성 매뉴얼 순으로 우선순위가 나타났다.

표준매뉴얼의 보급방안으로는 책자 형태로 보급하는 것을 가장 선호하였다.

결론적으로 본 조사연구는 국내 기업의 경쟁력 향상을 위해서는 제품의 신뢰성을 향상시켜야 하며, 그러기 위해서는 개발-설계단계의 신뢰성 설계, 개발된 제품의 신뢰성 평가 및 제조단계에서의 신뢰성을 체계적으로 확보하기 위한 신뢰성 표준매뉴얼의 개발이 시급하고, 개발된 표준매뉴얼은 기본적으로 책자발행을 통해 보급하며 보조적으로 인터넷을 통한 ebook 형태로 보급하는 방안이 타당함을 보여 주었다. 따라서 이러한 제조현장의 요구를 반영한 국내

실정에 적합한 신뢰성 매뉴얼 개발 및 보급은 점점 치열해 지고 있는 글로벌 경제에서 국내 제조업의 경쟁력을 혁신적으로 향상시킬 수 있는 중요한 수단이 될 것으로 기대된다.

## 참 고 문 헌

- [1] 권수호, 정해성(2001), “일본의 신뢰성 교육현황 및 전망,” 「한국신뢰성학회 학술대회 논문집」, pp. 429-434.
- [2] 신뢰성 관리편람 편집 위원회(1985), 「품질보증을 위한 신뢰성 관리편람」, 일본규격협회.
- [3] 신뢰성세미나 basic 코스(1996), 中部品質管理協會.
- [4] 신뢰성세미나 기초 코스(1996), 日科技連.
- [5] 신뢰성 표준매뉴얼에 대한 수요조사 보고서(2003), 수원대학교 신뢰성혁신센터.
- [6] 전자·기계 시스템의 신뢰성기술 세미나(1996), 日科技連.
- [7] 차명수(2001), “신뢰성 분류체계와 개발방향”, 「한국신뢰성학회 학술대회 논문집」, p. 427.
- [8] 高木 昇 등(1997), *Reliability Hand-book*, 일본 신뢰성학회.
- [9] 井原惇行, 益田昭彦(2002), 최신전자부품-실장 기술편람, R&D.
- [10] RAC(1996), Blueprints for Product Reliability RBPR-1, Reliability Analysis Center.